

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3075839号
(P3075839)

(45) 発行日 平成12年8月14日 (2000. 8. 14)

(24) 登録日 平成12年6月9日 (2000. 6. 9)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 L 5/00

G 0 1 L 5/00

H

H 0 2 P 8/38

H 0 2 P 8/00

S

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平4-160256

(22) 出願日 平成4年5月27日 (1992. 5. 27)

(65) 公開番号 特開平5-332857

(43) 公開日 平成5年12月17日 (1993. 12. 17)

審査請求日 平成9年7月7日 (1997. 7. 7)

(73) 特許権者 000128094

株式会社エヌエフ回路設計ブロック
横浜市港北区綱島東6丁目3番20号

(73) 特許権者 000229645

日本パルスモーター株式会社
東京都文京区本郷2丁目16番13号

(72) 発明者 渡 辺 朝 雄

横浜市港北区新羽町1828 株式会社エヌ
エフ計測システム内

(72) 発明者 佐 藤 修 治

東京都文京区本郷2丁目16番13号 日本
パルスモーター株式会社内

(74) 代理人 100081710

弁理士 福山 正博

審査官 福田 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステッピングモータ用負荷トルク測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、
ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、
前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、
前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、
校正時には前記ステッピングモータが脱調を起こさない臨界電圧に予め定めた計数を乗じた値に設定した電圧で該モータを駆動し、実負荷測定時には前記校正時に定め

た電圧で前記モータを駆動する駆動手段と、
を備えて成ることを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項2】 ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータの任意の相に電流が流入を開始してから他の相に電流が流入を開始するまでの間、該相に流入する前記駆動電流の積分値で定義される特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、
ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記ステッピングモータの任意の相に電流が流入を開始してから、他の相に電流が流入を開始するまでの間、該相に流入する前記駆動電流の積分値を検出する検出手段と、
前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、

特許第3075839号

(P3075839)

(2)

1

前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、
を備えて成ることを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項3】任意の相に電流が流入を開始してから、予め定めた時間内前記積分を行うことを特徴とする請求項2に記載のステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項4】前記積分は、該相に流入する電流が予め定めた極性を有するときのみ行うことを特徴とする2項記載のステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項5】ステッピングモータに異なる複数のトルク及び回転数が与えられたときの前記ステッピングモータに流れる第1の駆動電流から、予め定めた手段により抽出された第1の特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、

ステッピングモータに実負荷が与えられたときの駆動電流を検出する検出手段と、

前記検出手段で得られた駆動電流の特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、

ステッピングモータに既知の回転数と実負荷が与えられたときの第2の駆動電流の、前記予め定めた手段により抽出された第2の特徴情報を用いて、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、
を備えて成ることを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項6】異なる複数の温度においてステッピングモータに異なる複数のトルク及び回転数が与えられたときの前記ステッピングモータに流れる第1の駆動電流から、予め定めた手段により抽出された第1の特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、

ステッピングモータに実負荷が与えられたときの駆動電流を検出する検出手段と、

前記検出手段で得られた駆動電流の特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、

ステッピングモータに既知温度と回転数と実負荷が与えられたときの第2の駆動電流の、前記予め定めた手段により抽出された第2の特徴情報を用いて、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、
を備えて成ることを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項7】ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、

ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、

前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出

2

する特徴抽出手段と、

前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、

前記特徴抽出手段で得られた特徴情報の経時変化を測定する手段と、

を有することを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項8】ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、

ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、

前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、

前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、

20 ステッピングモータへ駆動パルスを与えた時刻と、前記照合判断手段で得られた負荷に変動を生ずる時刻とを比較することにより、負荷の伝達遅れ特性を測定する手段と、

を有することを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【請求項9】ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、

30 ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、

前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、

前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、

ステッピングモータの負荷トルク及び、該ステッピングモータに印加される駆動パルスを任意倍数だけ分周したものの双方の経時変化を比較する手段と、

を有することを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ステッピングモータ用負荷トルク測定装置に関し、特にモータ実装状態での高精度な実負荷トルク測定を可能とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ステッピングモータは、所定のパルスによってデジタル的に高精度に回転位置（角度）や回転速

特許第3075839号

(P3075839)

(3)

3

度を制御でき、また、この制御はマイコンで行うことができるため、今日きわめて広範囲な分野において機構駆動源として使用されている。例えば、近年、急速な技術発展に伴い、市場が拡大しているFDD、HDD、プリンタ、電子タイプライタ、ファクシミリ、PPC複写機、レコーダプロッター等のOA機器や産業用ロボット等のFA機器においてその用途が急拡大している。これらステッピングモータ搭載機器の開発、製造、品質管理上、モータ軸の負荷トルクの測定及び管理は重要であるにも拘らず、その測定を高精度で行うことは従来非常に困難であった。これは、例えばモータ以降の機構部に平ギア減速機構を用いる場合、モータ出力軸に取り付けたピニオンギアと、このギアと噛み合う初段ギアとの噛合い状態を浅くすると負荷トルクは100 (g-cm) に、また深くすると(強く押し付けると)300 (g-cm) になるというようにトルクが大きく変動してしまうからである。また、その他の減速ギアの噛合いも初段から遠ざかるにつれて影響は小さくなるものの変動要因となっている。その他、機構部部品の真円度(偏心)や軸間距離精度、メカ組立上の平行度等の組立精度、タイミングベルトやワイヤのテンション等によっても負荷トルクが大きく変動してしまうという問題があるからである。

【0003】従来かかるステッピングモータに発生するトルクの大きさ(負荷がモータに要求するトルクの大きさ)を測定する方法としては、実際に使用するモータと形状が等しく、コイル、マグネット等をもたないダミー・モータを被測定系(機構部)に装着し、モータピニオンに設けられたモータ出力軸にコレットチャック等を介してトルクゲージを接続し、手動等によりモータを回転して測定する方法がある。また、実際に使用するステッピングモータと同仕様のモータで反出力軸側にもトルク測定軸を出した両軸仕様として特別に製作したモータを機構部に実装してトルクゲージのコレットチャックをトルク測定軸に結合して測定する方法もある。更に、モータ出力軸にプーリーを取り付け、プーリーに巻かれた糸を引いてプーリー半径 r (cm) と、バネバカリの力 F (g) から負荷トルク T (g-cm) を $T=F \times r$ として求める方法がある。更にまた、直流モータの電流/トルク特性等を利用したトルク計を用いたり、モータと負荷の間にトルクゲージ等を介在させる方法もある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、モータのトルクを測定する方法としては種々方法が従来使われているが、どれも満足できるような精度の測定が困難である。すなわち、ダミー・モータを用いる方法やプーリーとバネバカリを用いる方法では、負荷に任意の回転数を与えることが困難であり、前者の方法ではトルクゲージの傾きによるサイドロードの影響に起因する負荷トルクの増加が避けられないし、後者の方法でもプーリーの

4

安定取り付けが難しく、同様にサイドロードの影響が避けられない。

【0005】また、実際に使用するステッピングモータと同仕様モータを用いる方法では、モータのロータにはマグネットがあるため、マグネットの保持トルク(ディテントトルク)を含めて測定せざるを得ず、ロータを回すとマグネット回転によりステータコイルに発電が起これ、この発電電流で発電制動(ブレーキトルク)が生じたり、トルクゲージの傾きがモータ軸受のサイドロードとなって実際より負荷トルクが増加したりするため、正確な測定は不可能である。

【0006】更に、直流モータの電流/トルク特性等を利用する方法では、測定を行う都度、モータを取り外す必要がある。また、モータを取り付ける際のピニオンとギアとの噛合わせ具合等により、負荷トルクは微妙に変化するため、現実には、組み上げられた実機において、モータがどれほどのトルクを発生しているかを知ることではできない。

【0007】以上従来の負荷トルク測定方法では、モータと負荷が組み上げられた状態でモータから発生するトルクを高精度で測定することは不可能であった。つまり、量産に用いるモータ個々のモータピニオンと初段ギア噛合いバラツキやモータタイミングプーリーとタイミングベルトのテンションで負荷トルクがどうなっているかを知りたいのに、代替手段で実機実装と乖離した手段で負荷トルクを類推するしか手段がなかった。したがって、モータ発生トルクと負荷トルクとの差、トルクマージンを知ることができず、量産においては電圧変動試験、温度試験、エージング試験、印字試験等、市場への出荷までに多大な費用と時間をかけて信頼性を確認して出荷しているのが実情である。例えば、機構部が動かないとき、その原因は設計者のトルクマージン不足なのか、製造現場の組立調整不良なのか等、トラブルが絶えず、原因究明においてもモータが不良でトルクが低過ぎるか、メカの不良部分等を時間をかけて調査しなければならなかった。

【0008】上記の理由により、モータと負荷を組み上げた状態での負荷トルクを測定することは困難である。このため、例えば、量産を行う場合、個々の製品間の負荷トルクのばらつきを知ることが出来ない等の問題がある。

【0009】そこで、本発明の目的は、モータと負荷が結合された、すなわち、実機機構部に量産で用いるモータそのものを実装した状態であっても負荷トルクの高精度な測定を可能とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するため、本発明によるステッピングモータ用負荷トルク測定装置は、次のような特徴的な構成を採用している。

特許第3075839号

(P3075839)

(4)

5

6

(1) ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、校正時には前記ステッピングモータが脱調を起こさない臨界電圧に予め定めた計数を乗じた値に設定した電圧で該モータを駆動し、実負荷測定時には前記校正時に定めた電圧で前記モータを駆動する駆動手段と、を備えて成るステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(2) ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータの任意の相に電流が流入を開始してから他の相に電流が流入を開始するまでの間、該相に流入する前記駆動電流の積分値で定義される特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記ステッピングモータの任意の相に電流が流入を開始してから、他の相に電流が流入を開始するまでの間、該相に流入する前記駆動電流の積分値を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、を備えて成るステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(3) 任意の相に電流が流入を開始してから、予め定めた時間内前記積分を行う上記(2)のステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(4) 前記積分は、該相に流入する電流が予め定めた極性を有するときのみ行う上記(2)のステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(5) ステッピングモータに異なる複数のトルク及び回転数が与えられたときの前記ステッピングモータに流れる第1の駆動電流から、予め定めた手段により抽出された第1の特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、ステッピングモータに既知の回転数と実負荷が与えられたときの第2の駆動電流の、前記予め定めた手段により抽出された第2の特徴情報を用いて、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、を備えて成るステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(6) 異なる複数の温度においてステッピングモータに異なる複数のトルク及び回転数が与えられたときの前記

ステッピングモータに流れる第1の駆動電流から、予め定めた手段により抽出された第1の特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、ステッピングモータに既知温度と回転数と実負荷が与えられたときの第2の駆動電流の、前記予め定めた手段により抽出された第2の特徴情報を用いて、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、を備えて成るステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(7) ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、前記特徴抽出手段で得られた特徴情報の経時変化を測定する手段と、を有することを特徴とするステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(8) ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、ステッピングモータへ駆動パルスを与えた時刻と、前記照合判断手段で得られた負荷に変動を生ずる時刻とを比較することにより、負荷の伝達遅れ特性を測定する手段と、を有するステッピングモータ用負荷トルク測定装置。

(9) ステッピングモータに与えられたトルクと、このトルクが与えられたときの前記ステッピングモータに流れる駆動電流の予め定めた特徴情報との関係データを記憶するメモリ手段と、ステッピングモータに実負荷が与えられたときの前記駆動電流を検出する検出手段と、前記検出手段で得られた駆動電流の前記特徴情報を抽出する特徴抽出手段と、前記特徴抽出手段で抽出された特徴情報と、前記メモリ手段に記憶されている前記関係データとを照合し、前記実負荷を出力する照合判断手段と、ステッピングモータの負荷トルク及び、該ステッピングモータに印加される駆動パルスを任意倍数だけ分周したものの双方の経時変化を比較する手段と、を有するステ

特許第3075839号
(P3075839)

(5)

7

ッピングモータ用負荷トルク測定装置。

【0011】

【作用】本発明では、ステッピングモータを駆動するとき、任意の相に流入する駆動電流の波形の特徴と、既知のトルクを与えたときの駆動電流の波形の特徴とを比較してトルクを測定する際、モータの駆動電圧を、例えばモータが脱調しないように最適化する。また、任意の相に流入する駆動電流の波形の、パルス印加時刻に関する特定部分の電流の積分値を上記駆動電流の特徴の量とする。この積分区間は、例えば、ステッピングモータの任意の相に電流が流れ始めてから、他の相に電流が流れ始めるまでの区間とすることができる。更に、予め定めた一定時間を越えない範囲で、駆動電流が正極性の部分のみを時間に関し積分して得られる積分値を求め、上記駆動電流波形の特徴量とすることもできる。

【0012】

【実施例】次に本発明によるステッピングモータ用負荷トルク測定装置の実施例について詳細に説明する。本発明は、ステッピングモータのコイルに流れる電流（駆動電流）が負荷トルクに対応した固有の波形、ピーク値等、特有の特徴をもっていることに着目しており、この特徴に基づいて実負荷を測定するものである。したがって、上述の如く、予め基準負荷トルク発生機から発生される負荷トルクをステッピングモータに与えたとき得られるコイル電流についての特徴を測定により得て記憶しておき、実機機構部を結合したときの任意の負荷状態での駆動電流波形を測定し、得られたコイル電流特徴と上記記憶された特徴とを比較することによって、実負荷を測定する。このとき、上記負荷トルクの高精度測定を可能とするために、ステッピングモータには脱調を起こさない程度の駆動電圧を供給している。また、コイルに流れる駆動電流を所定区間だけ積分して駆動信号波形の特徴を顕著にしている。

【0013】ところで、ステッピングモータのコイル構造には、モノファイル巻（単巻）とバイファイル巻（2重巻）の2種があり、前者はバイポーラ駆動回路で、後者はユニポーラ駆動回路で駆動される。また、駆動回路のコイルに電流を流す部分のみを抜出した励磁回路の種類としては、一定電圧でコイル励磁を行う定電圧方式と、2種類の電圧でコイル励磁を行う2電圧方式と、一定の励磁電流がコイルに流れるように制御する定電流チョッピング方式とがあるが、いずれの方式においてもトルクの大きさにより電流波形の変化（特徴情報の変化）が実験により確認されている。特に、定電圧励磁のユニポーラ、バイポーラ駆動は電流波形の変化が顕著であることが確認された。

【0014】電流波形を測定する周波数としては、10（PPS）等の低周波数から負荷時最高自起動周波数、場合によっては周波数をスローアップさせた負荷時最高連続応答周波数までが選定可能である。特に、共振、乱

8

調周波数領域を避けた安定な電流波形が得られる周波数領域が望ましいことも判明した。量産しているモータ個体のトルク特性にはバラツキがあるが、そのバラツキは、PM型ステッピングモータで±10%以下、HB型ステッピングモータで±5%以下であるので本発明による測定装置は十分に実用に供する。一実験によれば、量産品のファクシミリの受信部機構の平歯車減速部において、モータ出力軸のピニオンギアと初段ギヤの噛合いを適正にした場合に負荷トルクは100～130（g-cm）あり、モータピニオンギヤを初段ギヤに寄せて組付けたときは250～300（g-cm）となった。このように、モータ個体間のトルク特性のバラツキ±5～±10%に比べ、機構部の組付け、調整によるバラツキは±100%もあるのが実情である。

【0015】図1は本発明によるステッピングモータ用負荷トルク測定装置の一実施例を示す基本全体構成図である。ステッピングモータ1（本例では4相ユニポーラモータ）の各巻線（パイファイルコイル）ΦA、ΦA-、ΦB、ΦB-の一端は、コネクタ5を介して印加されている外部電源VMと接続され、他端はコネクタ6を介して各巻線対応のスイッチングトランジスタQ1、Q3、Q2、Q4が接続されている。スイッチングトランジスタQ1～Q4を所定のタイミングで動作させることによって各巻線へのパルス供給を制御し、励磁を切り換えている。スイッチングトランジスタQ1～Q4はステッピングモータを駆動する駆動回路7を構成している。

【0016】コントローラ9は、上記巻線へのパルス供給タイミングの基準となるクロックを発生する発振回路やステッピングモータの回転角度（位置）を定める位置決め回路等を含み、時計方向回転用クロックCW、反時計方向回転用クロックCCW、励磁モード信号等を発生する。分配回路8は、クロックCLKと励磁モード信号を受け、各巻線に2-2相励磁におけるパルスを供給する。

【0017】さて、まず、基準負荷トルク発生機3をカップリング4を介してモータ仕様の確定している良品モータであるマスターモータとしてのステッピングモータ1の出力軸に結合して、トルクを変化させる。このとき、モータ駆動電圧、モータ駆動周波数、励磁モード、コイル励磁切替用スイッチングトランジスタ及び付帯するコイル逆起電力吸収回路（図示せず）を特定する。トルク変化と対応してコイル電流も変化するのであるが、コイル電流測定のため、各巻線のうち任意の巻線に挿入した電流検出部10（本例では、巻線ΦB-に挿入されている）を設け、コイル電流iB-を検出する。このコイル電流iB-は、アンプ11で増幅され、スイッチ12の端子S1を介して特徴抽出部13に供給される。

【0018】特徴抽出部13における特徴抽出は、例えば、トルク対電流波形の特徴を抽出するもので、特徴としては種々の情報（パラメータ）が用いられる。例え

特許第3075839号

(P3075839)

(6)

9

ば、図2には、負荷トルクTLをパラメータとして、0, 100, 200, 300 (g-cm) と変化させたときのコイル電流(駆動電流) i の変化が示されている。この変化(電流波形)から、ステッピングモータの駆動回路は、一般に知られているようにインダクタンスと抵抗の直列回路から成る等価回路で表すことは適切ではなく、図4に示す如く、インダクタンスLと抵抗Rの他に、投入電力を2次側(ロータ)に渡すために等価的に生ずる逆起電力を考慮すべきことが明らかである。

【0019】今、注目している相に適切な電圧が印加されると(自相電流投入点)、該当相の電流は急速に立上がり始める。特に、PM型モータを適切な駆動電圧で駆動した場合、やがて電流の上昇は緩慢になり、極大値iPに達した後、減少に転ずる。モータは2相励磁されているので、該当相に電圧が印加されている期間の半ばで、他の相にも電圧が印加され始める(他相電流投入点)。この時点において、該当相の電流波形には、図中明示されていないが、わずかのくびれが生ずる。その後は、負荷トルクの大きさにも依存するが、コイル電流はしばらく減少を続け、極小値に至る。それ以後、電流は急速に上昇し、最大(極大)値を示した時点で該当相への電流は、駆動回路によって遮断される(自相電流遮断点)。

【0020】図からも明らかなように、駆動電流の平均値は、負荷トルクを変動させても、それほど変わらないが、該当相に電流が流れ始めてから他相電流投入点までの間の電流変化は顕著である。例えば、同図における負荷トルクと電流の極大値iPに着目し、データ補間処理を行うと、図3に示すような関係が得られる。負荷トルクTL=0 (g-cm) のときはiP=25 (mA)、TL=300 (g-cm) のときはiP=60 (mA) 程度であり、この間は負荷トルクの増大に従って電流が滑らかに増大することが判明する。この極大値の発生するタイミングは略一定することから、例えば電流立上がりから周期の30%の時間経過時の電流値を特徴情報として用いることができる。

【0021】図1の特徴抽出部13は、上述のように、アンプ11から出力される駆動電流の電流立上がり変化区分内における上記極大値と負荷トルク間の対応関係をトルク対電流データとして抽出する。尚、特徴抽出部13において抽出される特徴としては上記極大値に限らず、負荷トルクとの関係で特徴的な情報を任意に選定して用いることができる。基準負荷トルク発生機3から発生する負荷トルクは、例えば、モータの脱調するトルクを100%とすると、無負荷トルクを0%とし、20%, 40%, 60%, 80%の5ポイントとすることができる。こうして抽出された特徴情報(本例ではトルク対電流極大値情報)は、基準値としてROMやフロッピーディスク等の基準値メモリ14に記憶される。

【0022】一方、実機機構部2をカップリング4によ

10

りステッピングモータ1に結合して実負荷を測定する場合には、スイッチ12を切り替えて端子S2側に接続するとともに、マスターモータのモータ駆動条件と同一条件に設定する。電流検出部10で検出される駆動電流は、アンプ11で増幅された後、スイッチ12の端子S2を介して特徴抽出部15に送出される。特徴抽出部15は、アンプ11からのコイル電流を受け、上記特徴情報として当該電流の極大値iPを抽出して測定値メモリ16に一時記憶せしめる。

【0023】照合判断部17は、コントローラ9からの同期信号に応答して測定値メモリ16から読み出した極大値iP情報と、基準値メモリ14に記憶されている図3に示すようなトルク対電流関係データとを照合し、実負荷トルクを判断して出力する。例えば、特徴抽出部15で得られる極大値iPが43mAであれば、図3の関係から実負荷は150 (g-cm) であると判断する。このようにして得られた負荷トルクデータはディスプレイ18に表示され、またプリンタ19によって印字される。尚、特徴抽出部13と15は共通化することができる。また、較正に用いるモータと、実機に用いるモータとは同型ではあるが、別個体であることは勿論である。

【0024】以上の実施例は、電流波形の特徴抽出についての構成であるが、電源インピーダンスが比較的高い装置の場合には、電流の変化により電源電圧が変化するので、電流波形の代わりに電圧波形を用いることもできる。本発明では、上記iP-TL特性を利用して、トルクの変動による、モータの駆動電流波形の特徴を抽出する。

【0025】以上で説明した具体的な負荷トルク測定装置においては、被測定ステッピングモータを定電圧駆動した方が負荷トルクを能率よく測定できることが分かるが、実際のモータ応用製品においては、定電流駆動方式を用いる場合が多い。この様な場合においても、被測定モータ応用製品に組み込まれた該モータを機構部から取り外す事なく、本発明に係る測定装置に内蔵された駆動回路から該モータに電流を供給することによって、該機構部が必要とする負荷トルクを測定することが可能である。

【0026】以上を前提としつつ駆動電流波形の特徴を顕著にし、測定感度を向上させる本発明の実施例に関して説明する。図5は、PM型ステッピングモータを一定周波数(200PPS)及び一定負荷トルク(300g-cm)で駆動した場合、駆動電圧を6V, 7.5V, 10Vに変化させたときの、電流波形の変化を示す。同図では、上記電圧を上記モータと同じL及びRの値を有するL, R直列回路に印加したとき流れる電流を破線で示す。

【0027】図6は、図5における駆動電流の、自相電流投入点から他相電流投入点までの中間の時点におけるL, R直列回路に流れる電流に対するモータ駆動電流の

特許第3075839号

(P3075839)

(7)

11

比 η を、駆動電圧 E の関数として示したものである。もともとステッピングモータが効率の悪いモータであるため、駆動電圧が高い、もしくは、周波数が低いときには、等価回路は、一般的に知られるような L と R の直列回路のように振舞う。このため、電流波形の特徴が現れにくい。これに対して、駆動電圧が低い、または、周波数が高い場合は、モータの巻線に供給される電力のうち、無視できない量を機械的な仕事に消費せざるを得ない。このため、電流波形は L と R の直列等価回路により決定するものから変化し、図2に示されるような、特徴ある波形となる。

【0028】このことから、モータに流入する駆動電流は、モータと同じ時定数を有する L 、 R 直列回路に流入する電流より小さい。自相電流投入点から、他相電流投入点までの間において、モータの駆動電流の大きさの、 L 、 R 直列回路に流入する電流の大きさに対する比は、相対的に駆動電圧が低い方が大きい。他相電流投入点を過ぎると、駆動電圧が高い場合は、急速に駆動電流が増大する。ことが判明する。

【0029】さらに、図7は、同じモータを周波数300pps及び100ppsで、負荷トルク0及び300g-cmで駆動した場合の、自相電流投入点付近の電流波形を比較したものを示す。図7から次のことが判明する。負荷トルクの変動に基づく電流波形特徴の変化は、自相電流投入点から一定時間経過するまでの間に顕著に現れる。このモータの場合、モータコイルの時定数の5～10倍以内の時間に集中している。駆動周波数が低いときは、無負荷状態においても上記部分における電流は比較的大きい。これは、低周波の場合には、モータのロータが完全に静止した状態で次のパルスが印加されるため、ロータ及び負荷系（この場合は、測定系）の慣性モーメントの加速に要するトルクが加算されるものと考えられる。

【0030】以上要するに、ステッピングモータの駆動電流波形の負荷トルクによる変化を大きくする（電流波形特徴を増加させる）には、モータを出来るだけ低い電圧で駆動することが望ましいことがわかる。ただし、あまりに、駆動電圧を低下させ過ぎると、モータは脱調して停止してしまう。図8は、同じモータを無負荷で回転させた場合、脱調を生ずる電圧（脱調限界電圧）を回転周波数 f の関数として求めたものである。当然のことながら、周波数が高いほど、脱調限界電圧は高くなっている。

【0031】図9は、HBタイプのモータ（日本パルスモーター（株）製、PJ55-A1）を周波数700pps、負荷トルク3Kg-cmで回転させたとき、駆動電圧により、駆動電流波形がどのように変化するかを示したものである。電流波形に顕著な極大値を生ずることはないが、PM型モータの場合と同様な傾向を示すことがわかる。

12

【0032】図10は、同じモータを同じ周波数において、駆動電圧を一定とし、負荷トルクを0, 1, 2, 3Kg-cmと変化させた場合の、駆動電流波形の変化を示す。

【0033】図11は、前記モータに流入する駆動電流が正の部分を、自相電流投入点から他相電流投入点までの間積分した値 Q に対する負荷トルク TQ との関係を示す。これから、前記した方法で求めた駆動電流波形の特徴量により、HB型の場合について、該モータの負荷トルクを正しく求めることができる。したがって、効率よく負荷トルクを測定するためには、必要な測定周波数に従って、駆動電圧を加減し、電流波形の特徴が顕著になるようにする必要がある。図8の脱調限界電圧より周波数が低いときは、それに応じて駆動電圧を低下させる方がよいことが分かる。尚、図2を見れば、PM型モータの場合も上述手段により駆動電流の特徴を求めることは明かである。

【0034】図12は、モータが脱調を生じた場合の駆動電流波形を示す。同図では、隣接した複数の区間における電流波形を重ねて示している。これより、モータが脱調を生ずると、電流波形は一定せず、交互に変動することが分かる。この事実を利用すれば、該モータの脱調状態を容易に判断できる。したがって、ステッピングモータの負荷トルクの変化に基づく駆動電流波形の特徴を顕著にするため、被測定モータの駆動電圧は、必要な負荷トルク、必要な周波数において、該モータが脱調を起こさない程度に低下させるとよい。具体的には、必要なトルクと周波数（及び温度）において、脱調を起こす限界電圧を求め、この電圧に、適当な係数を乗じたものを駆動電圧とする。また、駆動電流波形の特徴量としては、駆動電流の、自相電流投入点から他相電流投入点までの間で、かつ、自相電流投入点から一定時間内の区間の電流の経過時間に関する積分値とすると良いことが分かる。ただし、前記駆動電流が負の値をとる区間に関しては、自相電流が投入される以前に、コイルに蓄積された電流が放電されるので、電流特徴が顕著には現れない。従って、この部分は積分区間から外す。特に、HBタイプのモータにおいては、次に示すように、駆動電流が正の区間のみについて積分を実施する方がよいことが分かる。

【0035】次に、ステッピングモータの温度特性を測定する装置について説明する。図13は、ステッピングモータの温度特性を示す一例を示す。日本パルスモーター（株）製のPF42-48105を用いて、公知の駆動周波数-出力トルク特性を、該モータの外被温度が25°Cの場合と48°Cの場合について測定したものである。これより、測定時のモータの温度変化が大きい時は温度特性に関する補正を行うことが望ましいことが分かる。これを実現するためには、上述モータの駆動電流波形の特徴量を、これまで述べてきたような、回転周

特許第3075839号

(P3075839)

(8)

13

波数及び負荷トルクに関してのみならず、今一つ、温度をパラメータとしても測定を行えばよい。この場合、該特徴量を既知のトルクと温度において予め校正しておく必要がある。このための具体的な実施例に関しては後述する。

【0036】次に、本発明に係るステッピングモータ用負荷トルク測定装置をマイクロコンピュータを応用したシステムとして実現した実施例について詳述する。図14は、上記システムの一実施例を示す。バスBUS上にマイクロコンピュータ(CPU)113、ROM112、RAM111が通常のシステムの場合と同様に配置されている。また、適切なインタフェースI/F117を介してLCD/ソフトウエアスイッチ駆動部115を制御し、LCD/ソフトウエアスイッチ部114を駆動するとともに、インタフェースI/F118を介して、キーボード116が接続され、マンマシンインタフェースを構成する。これにより、測定条件の入力及び本装置側からの指示や、測定結果の表示を行う。更に、GPIBインタフェース部122またはRS232Cインタフェース123を介して、外部のコンピュータ(パソコン)との間でデータの授受を行うことが出来る。また、バスには、FDD121を制御するFDD制御部120が接続されるとともに、外部インタフェース119が接続される。

【0037】バス上に配置された駆動パルス発生部106からはCPU113からの指示により、被測定モータ100への駆動タイミングが発生される。ユニポーラ型モータ用の駆動回路101またはバイポーラモータ用駆動回路102を必要に応じて使い分ける。該駆動回路は、電圧可変電源105から電源(0~48V、8Amax)の供給を受け、図1に示す例と同様にトランジスタQ1~Q4等により構成することが出来る。該駆動回路により、被測定モータ100が駆動される。駆動回路には、図1の場合と同様に、抵抗等による電流/電圧検出手段107が設けられる。検出された電流の瞬時値は、A/D変換器により、適切なサンプリング間隔で、デジタル値に変換された後、DMA制御部108の制御により、RAM111に順次記憶される。該サンプリングは、バス上に配置されたトリガ発生部からの指示によりA/D変換を開始することにより実行される。さらに、該トリガ発生部から発生するサンプリングのタイミングを前記モータ駆動パルスのタイミングと同期させるために、該トリガ発生部は、前記パルス発生部から同期パルスを受信する。

【0038】測定に先立ち、CPU113からの制御の下、基準トルク設定機制御部109が制御され、駆動回路104により基準トルク設定機103が駆動される。本実施例においては、負荷トルクの変動に対して、電流波形の特徴を顕著にするため、被測定モータの駆動電圧を適切に設定する必要がある。このため、バス上に配置

14

された、電圧可変電源105から、前記駆動回路に適切に設定された電圧が供給される。

【0039】次に、図14の実施例において、被測定モータの負荷トルク電流波形特徴を校正した後、被測定モータを実負荷機構部に接続し、負荷トルク測定を行う実施例についてフローチャートを用いて説明する。

【0040】図15~図19は、被測定モータに既知の負荷トルクを与え、負荷トルクと電流波形の特徴量との関係(基準値)を求める処理手順を示すフローチャートである。最初に、図15に示すように、装置に測定条件を与える。測定を行う最高周波数fH、最低周波数fL、到達最高温度TH、駆動回路への最適駆動電圧EH、測定すべき最高負荷トルクTQH、最低トルクTQL及び測定の際のこれらの増分 Δf 、 $\Delta T0$ 、 ΔE 、 ΔTQ を指定する。これらを受けて、本実施例の装置は、最初、周波数を最低値fLに、負荷トルクを最高値TQHに、電源電圧を最高値EHに設定して測定範囲を指定した後(ステップS1)、基準値の測定を行い、設定が完了したら、基準値の記憶を行う(ステップS2)。基準値の記憶は、図16に示す手順により実行される。最初に、最適駆動電圧の決定を行う(ステップS11)。この決定作業は、図17に示すように、モータに与えるべき負荷トルクTQを、必要な測定範囲内でモータが脱調を起こさないようにするため、最初に最大値TQHに設定する(ステップS31)。次いで、測定周波数の目標値f0を被測定最低値fLに設定する(ステップS32)。この状態から各周波数における最適駆動電圧を決定するため、下記の処理を行う。

【0041】まず、駆動電圧Eを、設定最高値EHに設定して(ステップS33)、モータを目標の周波数までスロースタート法により回転数を上昇させて行く(ステップS34~ステップS36)。回転数を上昇させて行く過程で、タイミング待ちを行い、駆動電流波形をチェックし(ステップS37、S38)、モータが脱調していないことを確認する(ステップS39)。駆動電圧をEHに設定した状態においても、脱調を生ずる場合は、エラーとしてモータを停止させる。ステップS40において、所定の周波数f0に達したことが確認されたら、駆動電圧の脱調限界を求めるため、駆動電流波形を監視しながら、駆動電圧Eを次第に下げて行き(ステップS41)、電流波形をチェックして(ステップS42)、脱調を判断して脱調限界を測定する(ステップS43)。ここで、脱調が生じたら、その時の駆動電圧が、脱調限界電圧である。

【0042】次に、モータの温度Tを、外被法または、抵抗法で測定する(ステップS44)。そして、前記限界電圧を、適当な係数 α を用いて、 $(1+\alpha)$ 倍し最適駆動電圧とする。そして、測定を行ったときのパラメータTQH、f、Tとともにファイルまたはメモリに記憶する(ステップS45)。続いて、目標周波数を $\Delta f0$ で

特許第3075839号

(P3075839)

(9)

15

け上昇させた後(ステップS46)、上記の測定を繰り返す。ステップS47において、必要な周波数範囲の測定を完了し、 f_0 が f_H よりも大きくなったら、モータを停止し(ステップS48)、最適駆動電圧の決定を終了する。最適駆動電圧が決定したら、再び図16の処理に戻り、モータに与える負荷トルクを変化させながら、基準値の記憶を行う。

【0043】最初に、負荷トルクを最大値 T_{QH} にセットする(ステップS12)。続いて、基準トルク T_Q を与える(ステップS13)。既知の負荷トルクを与えるには、コーシン・ラシン(株)社製のパーマトルク等を利用することが出来る。これは、ヒシテリシス磁性材料を利用し、ダイヤルを回し目盛りを既定の値にセットすることにより、回転軸に既知のトルクを与えるものである。上記ダイヤルの設定は、手動にて行うことも可能であるが、ステッピングモータ等を用いて装置側から自動的にダイヤルを回転してもよい。トルクを所望の値に設定したら、周波数 f を測定すべき範囲内の最低値、 f_L に設定し(ステップS14)、電流波形の特徴の測定に入る。所定のパラメータ T_{QH} 、 f 、 T における最適駆動電圧(駆動電圧) E_a にてモータを周波数 f で駆動しながら、電流波形の特徴 Q の抽出を行う(ステップS15～S17)。求められた特徴量 Q をトルク T_Q 、 E_a 、 f 、 T をパラメータとして記憶する(ステップS18)。続いて、周波数を Δf_0 だけ上昇させた後(ステップS19)、 Δt だけ時間待ちを行い(ステップS20)、ステップS21において、周波数が所望の最高値 f_H に達したことが確認されるまで、同一トルクについて上記の測定を繰り返す。これにより低周波数から、徐々に周波数を上昇させて行けば、モータをスローアップしたことになる。

【0044】同一トルクについて、所望の周波数範囲の測定が完了したら、必要ならば、一旦モータを停止し(ステップS22)、トルクの変更を行う。即ち、トルク T_Q を ΔT_Q だけ下げた後(ステップS23)、前記の測定を繰り返す。ステップS24で、全範囲のトルクについての測定が終わったと判断されれば、基準値の記憶は完了する。

【0045】図15に戻り、必要があれば、温度特性の測定と記憶を行う。すなわち、測定温度の目標値 T_0 を ΔT_0 だけ上げた後(ステップS3)、モータを静止状態に保ったまま、コイルに通電し(ステップS4)、該モータの温度を所要の値にまで高める。温度 T_M を測定しながら(ステップS5)、通電を続け、ステップS6において、該モータの温度が、前記目標値 T_0 に達したら(または越えたら)、ステップS7において、最高温度 T_H の測定が完了するまでの間、再び、基準値の記憶を行う。

【0046】次に、上記電流波形の特徴抽出するための実施例の説明を行う。本実施例の説明においては、図1

16

0及び図11に示すモータの電流波形の測定に関する実施例を参照すると理解し易い。本例は、日本バルスモーター(株)製のHB型ステッピングモータPJ55-A1について、周波数700ppsにおいて、負荷トルクを各々、0、1、2、3Kg-cmとして測定したものである。図10において、自相電流投入点 t_0 、他相電流投入点 t_1 、自相電流遮断点 t_2 までの間について測定を行う。本実施例では、該特徴量を電流波形を $t_0 \sim t_1$ までの区間であって、該駆動電流が正の間についてのみ駆動電流を時間に関して積分する。ただし、駆動周波数が低い場合、積分区間を、上記の論理に加え、 t_0 から予め定めた時間内に限定すべきことは前述した。

【0047】図11は、上記積分を行った結果を、横軸に上記積分値(=電流波形特徴量)を、縦軸に負荷トルク T_Q をとり、プロットしたものである。これより、前記の論理により、HB型ステッピングモータの電流波形特徴量・対・負荷トルク特性を求め得ることが分かる。尚、PM型のモータについても、同様の方法で電流波形特徴を求められることは前述したとおりである。

【0048】図18は、上記、電流波形特徴抽出を行うためのフローチャートを示す。前記積分は、 t_0 から始め、積分限界 t_c までの区間について行う。始めに、 t_c の決定を行うため、先ず、 t_c を、該モータの電気系の時定数 τ に適当な係数 k を乗じた値に限定する(ステップS51)。さらに、 t_c が他相電流等入点 t_1 を越えている場合は、これを t_1 に限定する(ステップS52とS53)。次に、駆動電流の積分を実施するに当たり、積分を実施する時刻 t を t_0 に初期化する(ステップS54)。また、積分値 S の初期化も行い(ステップS55)、駆動電流 $i(t)$ を測定する(ステップS56)。時刻が積分を行う時刻 t に達したと判断されるとき、 $i(t)$ が正であるか否かを判断する(ステップS57)。ステップS57において、駆動電流 $i(t)$ が正であれば積分値 S にこれを加える(ステップS58)。もし、 $i(t)$ が負であれば積分を行わない。時刻 t での処理が完了したら、次に処理を行うべき時刻 t を所定の増分 Δt だけ増加させ(ステップS59)、次の時刻の処理を行う。ステップS60において、処理を行う時刻 t が、前記積分限界 t_c に達したと判断されると、積分を終了する。上記の処理の結果求めた積分値 S が、求めるべき電流波形特徴量 Q とされる(ステップS61)。所望の範囲での被測定モータに関する基準値の測定が終了したら、測定された特徴量の整理を行っておくと、その後の負荷トルクの測定の際便利である。

【0049】図19に特徴量の整理の処理手順のフローチャートが示されている。最適駆動電圧 E_a を周波数及び温度の関数として測定し(ステップS71)、整理/記憶する(ステップS72)。その後の測定において、必要な値が簡単に得られる。例えば、任意の温度 T における最高駆動電圧 E_a を周波数 f の関数として、スプラ

特許第3075839号
(P3075839)

(10)

17

イン補間、ベッセル補間等を適宜利用して表し、その係数を求める。次に、このようにして求めた各係数を温度Tに関して同様に補間し、その係数を求めることにより、EaをT及びfに関して整理することができる。結果は、これらの関数を表す係数として整理される。次に、電流波形特徴量の関数として、負荷トルクを求め、整理し、記憶しておく(ステップS73とS74)。この時、周波数及び温度にも従属するようにしておけば便利である。上記により、負荷トルク測定を行うための準備が整った。以後は、被測定モータを被試験実機に装着した状態で測定を行うことが出来る。

【0050】上述本発明の効果は、同じ型のモータを用いて大量生産される機器において著しい。最初に、代表的なモータに関して、負荷トルク-電流波形特徴の関係の較正を行っておくことにより、モータの製造誤差の範囲内において、機器の負荷トルクを簡単に測定できることである。したがって、該当機器の開発、品質評価、量産試作における問題点の定量化、製造ラインにおける検査、開発と製造の両部門間負荷トルクに関する定量的な話し合いが可能になる等、産業上の利用効果が極めて大きい。

【0051】図20に負荷トルクを測定するための手順を示す。初めに、測定周波数の最高fH、最低fL、変化幅Δfを指定する(ステップS101)。周波数を最低値fLに初期化した後(ステップS102)、温度を測定し(ステップS103)、最適駆動電圧(駆動電圧)を決定、印加する(ステップS104)。次にモータを周波数fで回転させ(ステップS105)、駆動電流波形の特徴を抽出し(ステップS106)、該負荷トルクを測定し(ステップS107)、記憶する(ステップS108)。続いて、周波数をΔfだけ上昇させ(ステップS109)、再び上記手順により負荷トルクを測定する。上記処理を、fがfHより大きくなるまでステップS110で確認されるまで繰り返すことにより、上記を所定の範囲につき実機モータを被測定機器に装着した状態で、負荷トルクの周波数特性を求めることが出来る。測定が完了したら、モータを停止させ(ステップS111)、測定結果は、グラフ、表等にして適宜表示される(ステップS112)。

【0052】次に、本発明に係るステッピングモータ用負荷トルク測定装置の応用装置に関して述べる。図21は、モータを装着した製品の機構部にガタが有り、回転にともなって(時間の経過にしたがって)負荷トルクが変動する状態を測定している状態を示す。一般に、モータの出力軸から出た動力は、多数のピニオン/ギヤを経て機構の各部に伝達される。この為、前記負荷トルクの変動は必ずしもモータへの回転とは周期的に、単純には一致しない。そこで、モータへの印加パルスを分周したものをマーカとして表示し、該分周比を適切に調整することにより、負荷トルクの変動の周期とマーカの繰り返

18

し周期とを一致させることができる。これにより、該機構部のギヤ構成等を勘案して、不具合部分を推定することができるので、産業上の効果が大きい。

【0053】図22は前記マーカを発生させるための実施例を示す。モータの駆動パルスを入力する分周器30の分周比Nを適宜与えることにより、図21に示すマーカを得る。

【0054】図23は前記マーカを得るための他の実施例を示す。本実施例では、PLL方式を採用している。モータの駆動パルス(周波数f)を分周器31でN分周したもの(f/N)と前記変動する負荷トルクに比例する量とを、位相比較器32により比較する。もし、該負荷トルクの変動の方の位相が進むようであれば、前記分周器31の分周比を下げる。反対に、負荷トルクに比例する量の方の位相が遅れるときには、分周比を大にする。この結果、位相比較器32の出力として、Nの値を自動的に得ることができる。また、前記マーカは、該分周器31の出力として得ることができる。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のステッピングモータ用負荷トルク測定装置を用いれば、ステッピングモータを装着した状態で、該モータから出力されるトルクを正確に測定できる。したがって、ステッピングモータ応用装置の開発段階から、大量生産に至るまでの各段階において、該モータの負荷機構部の特性及び負荷機構部とモータの結合状態の良否等を客観的に把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるステッピングモータ用負荷トルク測定装置の一実施例を示す構成ブロック図である。

【図2】ステッピングモータに加わる負荷をパラメータとした巻線に流れる駆動電流の時間変化を示す図である。

【図3】図2に基づいて得られる巻線に流れる駆動電流の極大値iPと負荷トルクとの関係を示す図である。

【図4】ステッピングモータの駆動回路の等価回路図である。

【図5】ステッピングモータの駆動電圧をパラメータとしたときの駆動電流の変化を示す図である。

【図6】図5における駆動電流の、自相電流投入点から他相電流投入点までの中間の時点におけるL、R直列回路に流れる電流に対するモータ駆動電流の比ηを、駆動電圧Eの関数として示した図である。

【図7】同じモータを異なる周波数及び負荷トルクで駆動した場合の自相電流投入点付近の電流波形を比較した図である。

【図8】同じモータを無負荷で回転させた場合、脱調を生ずる電圧(脱調限界電圧)を回転周波数fの関数として示した図である。

【図9】駆動電圧により、駆動電流波形がどの様に変化

特許第3075839号
(P3075839)

(11)

19

するかを示した図である。

【図10】同じモータを同じ周波数において、駆動電圧を一定とし、負荷トルクを変化させた場合の駆動電流波形の変化を示す図である。

【図11】モータに流入する駆動電流が正の部分を、自相電流投入点から他相電流投入点までの間積分した値Qに対する負荷トルクTQとの関係を示す図である。

【図12】モータが脱調を生じた場合の駆動電流波形を示す図である。

【図13】スッテッピングモータの温度特性の一例を示す図である。

【図14】本発明の実施例を示すシステム構成図である。

【図15】被測定モータに既知の負荷トルクを与え、負荷トルクと電流波形の特徴量との関係（基準値）を求める処理手順を示すフローチャートである。

【図16】図15における基準値の記憶を行う処理手順を示すフローチャートである。

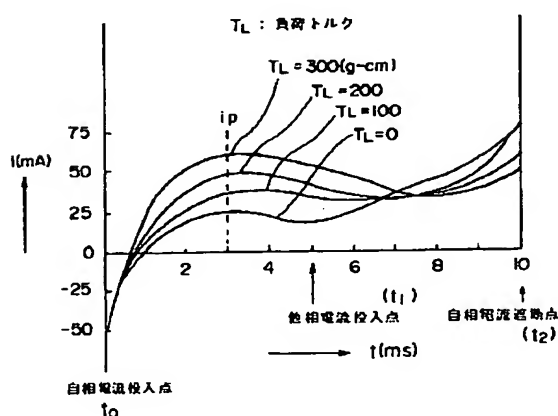
【図17】図15における最適印加電圧を決定する処理手順を示すフローチャートである。

【図18】図15における基準値の電流波形の特徴量を求める処理手順を示すフローチャートである。

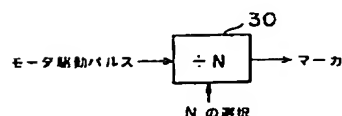
【図19】図15における特徴量を整理する処理手順を示すフローチャートである。

【図20】本発明の実施例における負荷トルクを測定するための処理手順を示すフローチャートである。

【図2】



【図22】



20

【図21】本発明の実施例におけるモータを装着した製品の機構部にガタがあり、回転にともなって負荷トルクが変動する状態を示す図である。

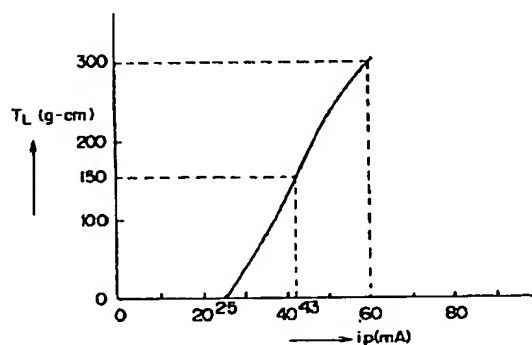
【図22】図21におけるマーカーを発生させるための構成図である。

【図23】図21におけるマーカーを得るための他の構成図である。

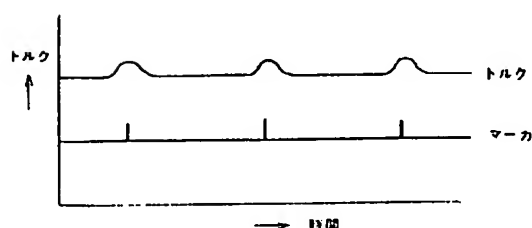
【符号の説明】

1	ステッピングモータ	
2	実機機構部	3
	基準負荷トルク発生機	
4	カップリング	5, 6
	コネクタ	
7	駆動回路	8
	分配回路	
9	コントローラ	10
	電流検出部	
11	アンプ	12
	スイッチ	
13, 15	特徴抽出部	14
	基準値メモリ	
16	測定値メモリ	17
	照合判断部	
18	ディスプレイ	19
	プリンタ	

【図3】



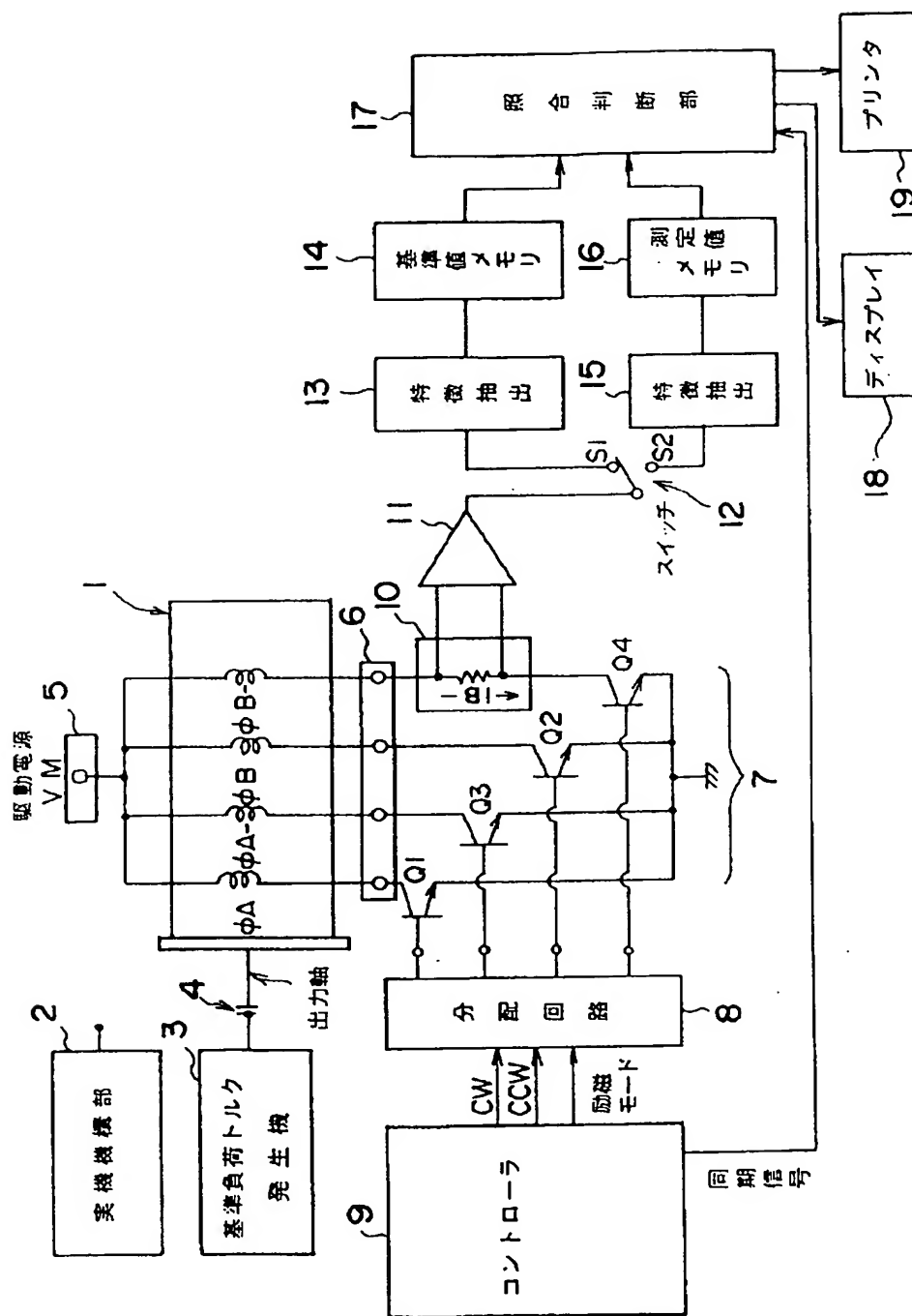
【図21】



特許第3075839号
(P3075839)

(12)

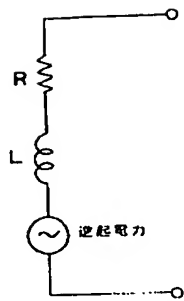
【図1】



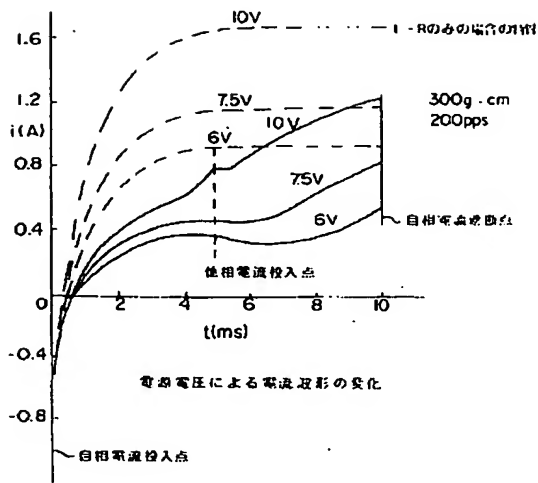
特許第3075839号
(P3075839)

(13)

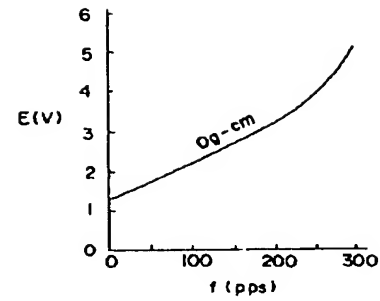
【図4】



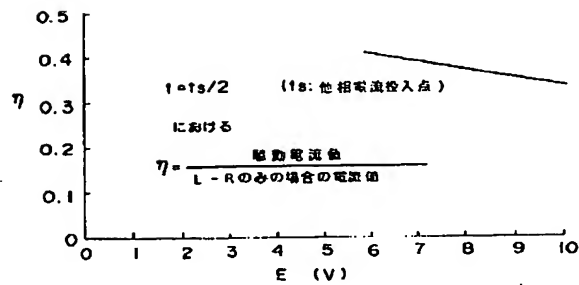
【図5】



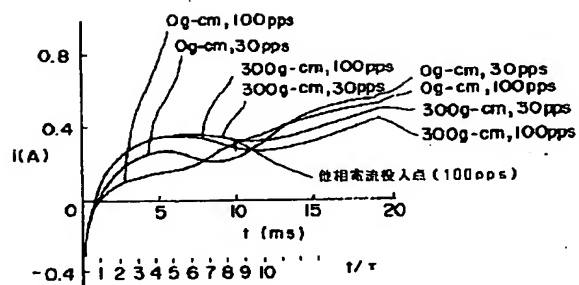
【図8】



【図6】

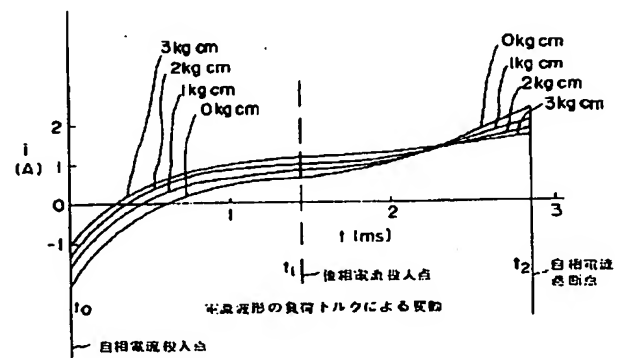
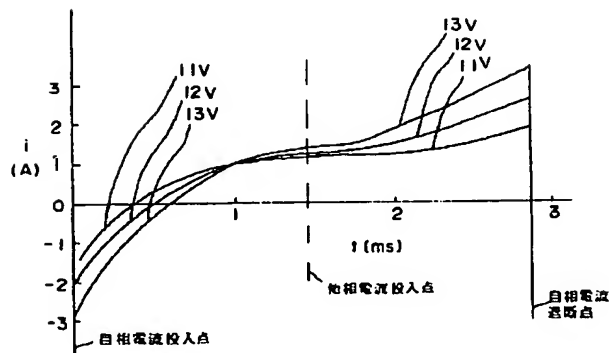


【図7】



【図10】

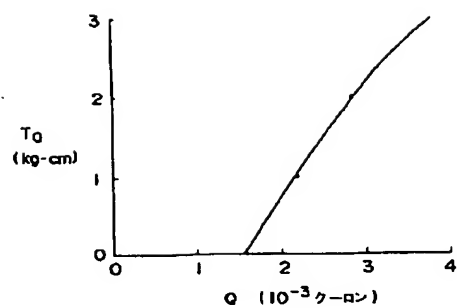
【図9】



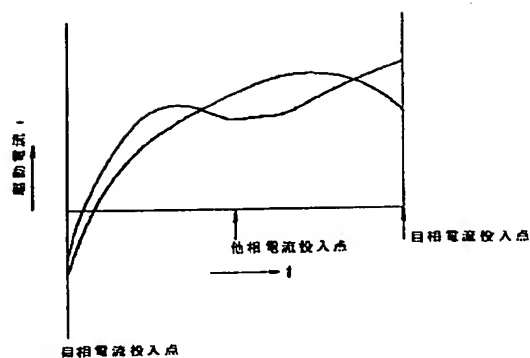
特許第3075839号
(P3075839)

(14)

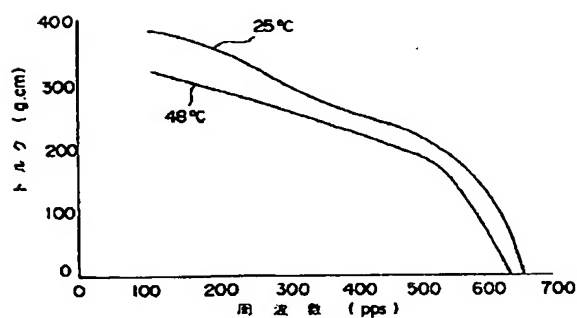
【図11】



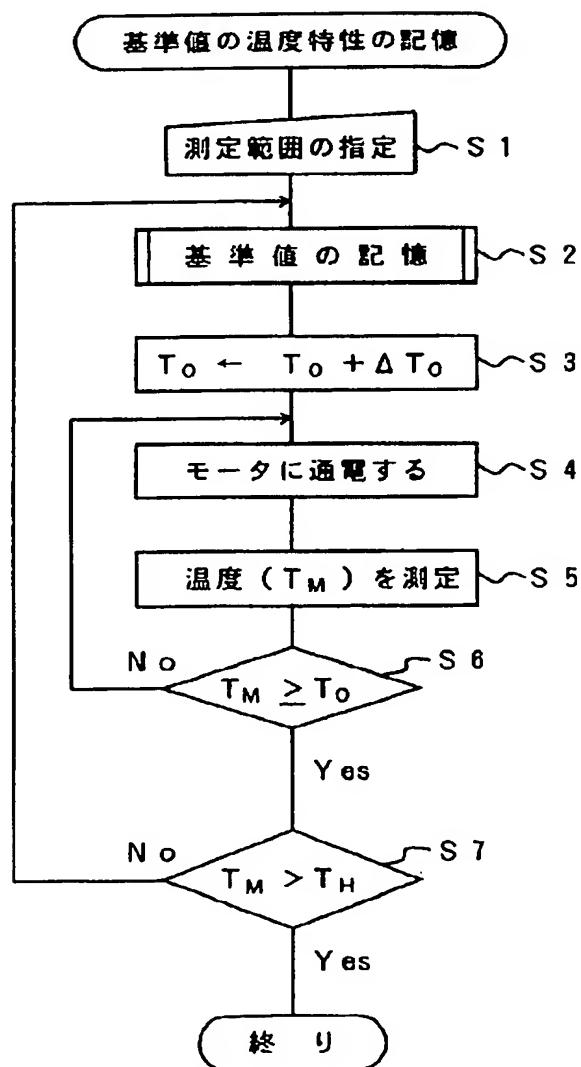
【図12】



【図13】



【図15】

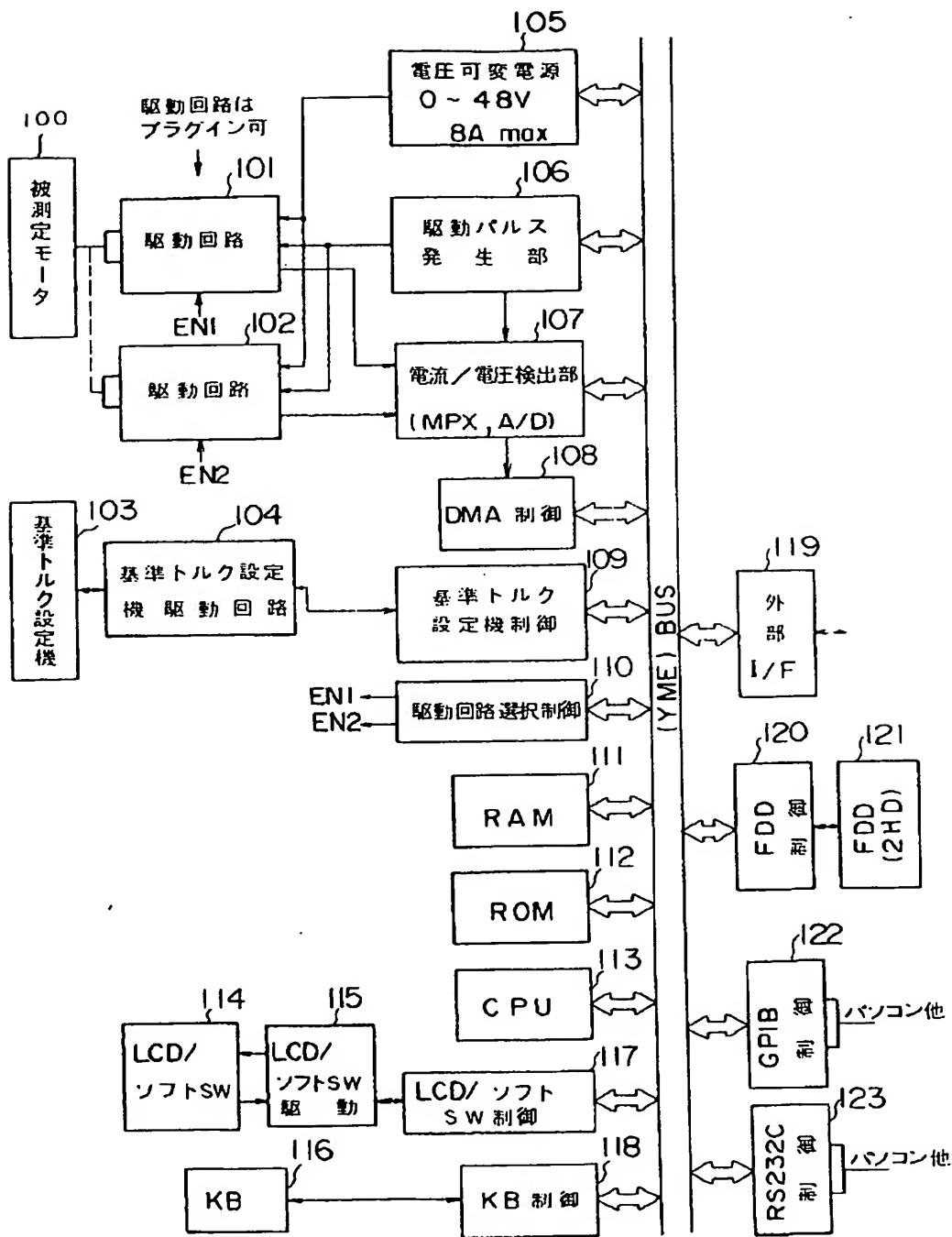


特許第3075839号

(P 3 0 7 5 8 3 9)

(15)

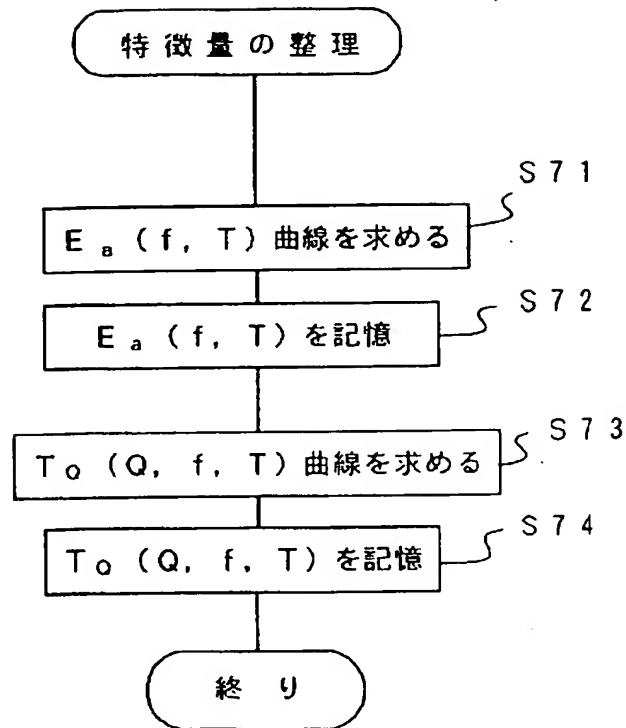
【图 14】



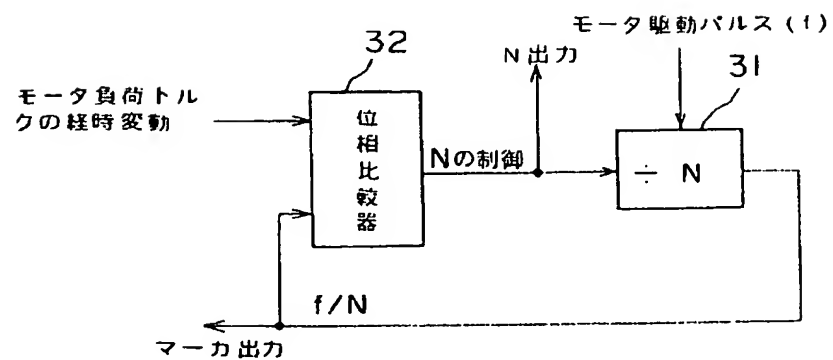
特許第3075839号
(P3075839)

(16)

【図19】



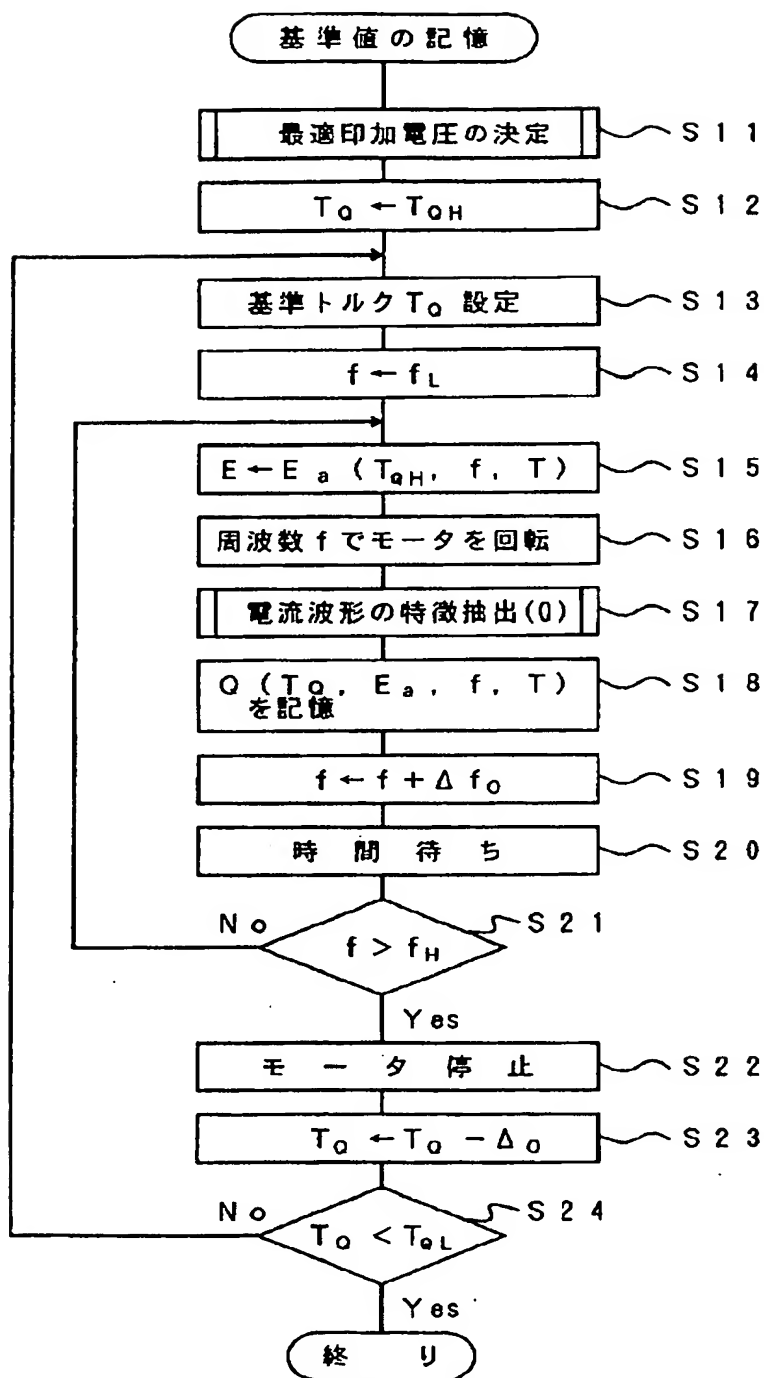
【図23】



特許第3075839号
(P3075839)

(17)

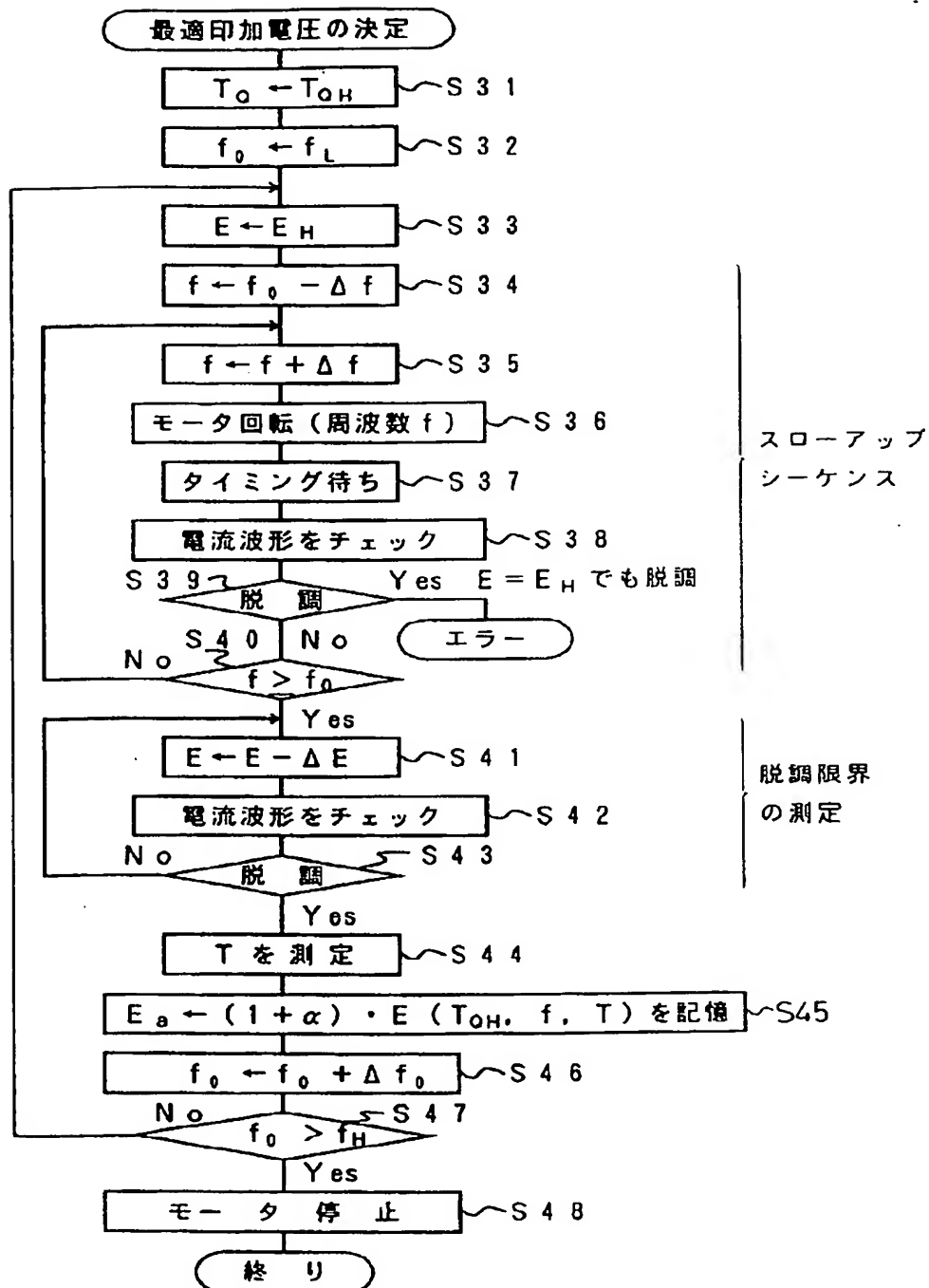
【図16】



特許第3075839号
(P3075839)

(18)

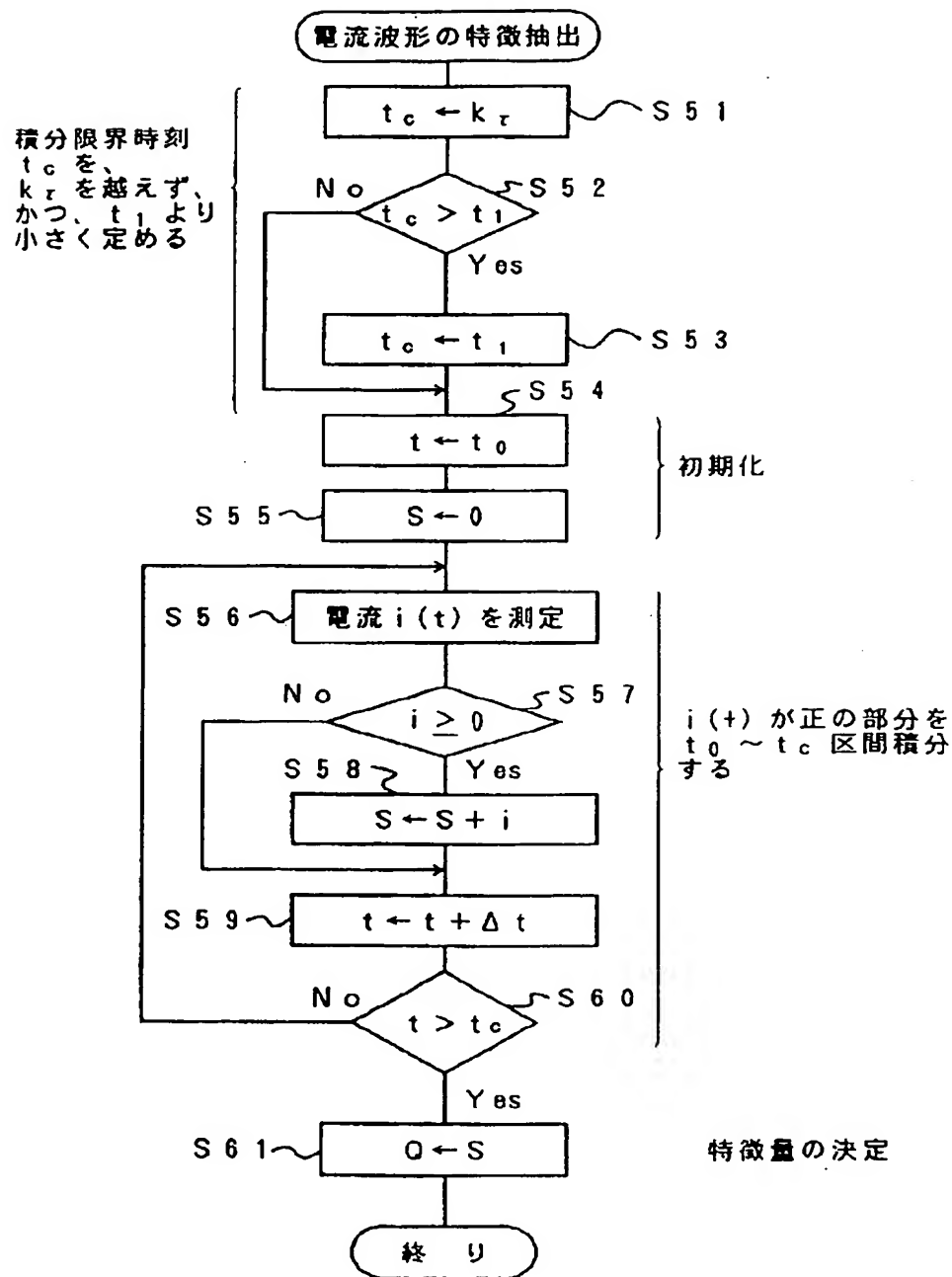
【図17】



特許第3075839号
(P3075839)

(19)

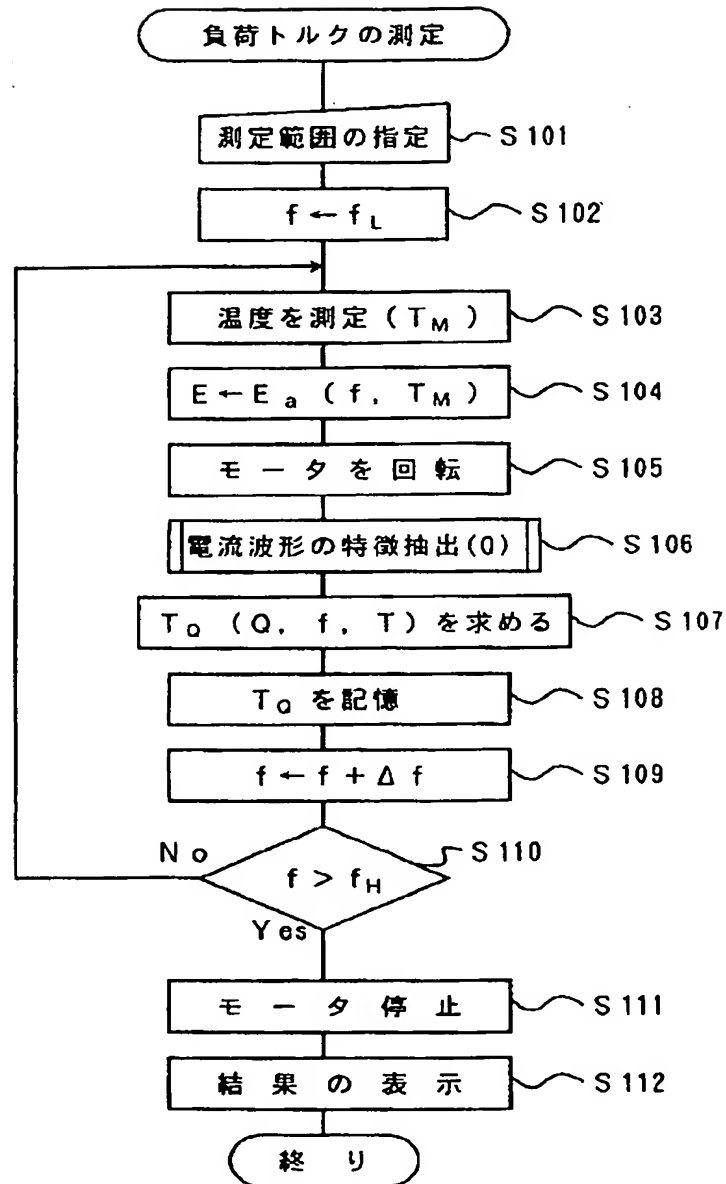
【図18】



特許第3075839号
(P3075839)

(20)

【図20】



特許第3075839号
(P3075839)

(21)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平6-43049 (JP, A)
特開 昭55-71196 (JP, A)
特開 平2-246793 (JP, A)
特開 平2-155496 (JP, A)
特開 昭50-31880 (JP, A)
特開 昭54-123079 (JP, A)
特開 昭55-71196 (JP, A)
特開 平2-60496 (JP, A)

(58)調査した分野(Int. Cl.⁷, DB名)
G01L 5/00
H02P 8/38

LOAD-TORQUE MEASURING APPARATUS FOR STEPPING MOTOR

Patent Number: JP5332857
Publication date: 1993-12-17
Inventor(s): WATANABE ASAO; others: 01
Applicant(s): N F KEISOKU SYST:KK; others: 01
Requested Patent: ☐ JP5332857
Application Number: JP19920160256 19920527
Priority Number(s):
IPC Classification: G01L5/00; H02K37/00; H02P8/00
EC Classification:
Equivalents: JP3075839B2

Abstract

PURPOSE: To measure a load torque in high accuracy by storing the relation data of a driving current for the given torque with respect to predetermined characteristic information, collating the data with the characteristic information from the driving current at the actual load, performing judgment, and outputting the actual load.

CONSTITUTION: A reference-load-torque generator 3 is connected to a reference stepping motor 1, and the torque is changed. A coil current i_B is detected with a current detecting part 10. The current is inputted into characteristic extracting part 13 through an amplifier 11 and a switch 12. The extracting part 13 extracts the corresponding relation between the maximum value of the driving current in a rise-up change section and the load torque as the torque vs. current data and stores the data into a reference value memory 14. Meanwhile, a real-machine mechanism part 2 is connected to the motor 2, and the switch 12 is changed. The apparatus is driven under the same conditions. The detected current from the detecting part 10 is inputted into a characteristic extracting part 15. The maximum current value is extracted as the characteristic information by the same way. In a collating and judging part 17, the two pieces of the characteristic information are collated, and the actual load torque is judged and outputted. Thus, the output torque can be accurately measured under the mounted state of the motor.

Data supplied from the esp@cenet database - I2